



日本国特許庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日

Date of Application:

1996年 5月31日

出願番号

Application Number:

平成 8年特許願第160885号

出願人

Applicant (s):

豊田合成株式会社

1997年 5月16日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

荒井寿光

出証番号 出証特平09-3036689

【書類名】 特許願

【整理番号】 P96017TG

【提出日】 平成 8年 5月31日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 33/00

【発明の名称】 p 伝導形 3 族窒化物半導体の電極パッド及びそれを有した素子及び素子の製造方法

【請求項の数】 17

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑 1 番地 豊田合成株式会社内

【氏名】 上村 俊也

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑 1 番地 豊田合成株式会社内

【氏名】 柴田 直樹

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑 1 番地 豊田合成株式会社内

【氏名】 野杵 静代

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑 1 番地 豊田合成株式会社内

【氏名】 堀内 茂美

【特許出願人】

【識別番号】 000241463

【氏名又は名称】 豊田合成株式会社

【代表者】 堀籠 登喜雄

【代理人】

【識別番号】 100087723
【電話番号】 052-363-2558
【弁理士】
【氏名又は名称】 藤谷 修

【手数料の表示】

【納付方法】 予納
【予納台帳番号】 007445
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 9005344

【書類名】明細書

【発明の名称】 p 伝導形 3 族窒化物半導体の電極パッド及びそれを有した素子及び素子の製造方法。

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 p 伝導形 3 族窒化物から成る半導体の電極パッドにおいて、

前記半導体の上に直接又は前記半導体の上に形成された電極層上に、積層して形成された少なくとも第 1 金属層と第 2 金属層と第 3 金属層と、前記第 3 金属層の上部から覆いエッチングにより第 3 金属層の中央部が露出するように窓の形成された保護膜とを有し、

前記第 1 金属層の構成元素は前記第 2 金属層の構成元素よりもイオン化ポテンシャルが低い元素とし、

前記第 2 金属層の構成元素は金(Au)とし、

前記第 3 金属層の構成元素は前記保護膜に対する接合性が金(Au)よりも強い元素とした

ことを特徴とする p 伝導形 3 族窒化物半導体の電極パッド。

【請求項 2】 前記第 1 金属層の構成元素は、ニッケル(Ni)、鉄(Fe)、銅(Cu)、クロム(Cr)、タンタル(Ta)、バナジウム(V)、マンガン(Mn)、アルミニウム(Al)、銀(Ag)のうち少なくとも一種の元素であることを特徴とする請求項 1 に記載の p 伝導形 3 族窒化物半導体の電極パッド。

【請求項 3】 前記第 3 金属層の構成元素は、アルミニウム(Al)、ニッケル(Ni)、チタン(Ti)のうち少なくとも一種の元素であることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の p 伝導形 3 族窒化物半導体の電極パッド。

【請求項 4】 前記保護膜は酸化珪素から成ることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれかに記載の p 伝導形 3 族窒化物半導体の電極パッド。

【請求項 5】 前記第 1 金属層の構成元素はニッケル(Ni)、前記第 2 金属層の構成元素は金(Au)、前記第 3 金属層の構成元素はアルミニウム(Al)から成ることを特徴とする請求項 1 又は請求項 4 に記載の p 伝導形 3 族窒化物半導体の電極パッド。

【請求項 6】 前記電極層は、前記半導体の表面上に積層して形成された少なく

とも第1電極層と第2電極層とを有し、

前記第1電極層の構成元素は前記第2電極層の構成元素よりもイオン化ポテンシャルが低い元素であり、

前記第2電極層の構成元素は前記半導体に対するオーミック性が前記第1電極層の構成元素よりも良好な元素であり、

熱処理により、前記半導体の表面から深さ方向の元素分布は、前記第2電極層の構成元素の方が前記第1電極層の構成元素よりも深く浸透した分布であることを特徴とする請求項1乃至請求項5のいずれかに記載のp伝導形3族窒化物半導体の電極パッド。

【請求項7】前記第1電極層の構成元素は、ニッケル(Ni)、鉄(Fe)、銅(Cu)、クロム(Cr)、タンタル(Ta)、バナジウム(V)、マンガン(Mn)、アルミニウム(Al)、銀(Ag)のうち少なくとも一種の元素であり、前記第2電極層の構成元素は、パラジウム(Pd)、金(Au)、イリジウム(Ir)、白金(Pt)のうち少なくとも1種の元素であることを特徴とする請求項6に記載のp伝導形3族窒化物半導体の電極パッド。

【請求項8】前記第1電極層の構成元素は、Niであり、前記第2電極層の構成元素はAuであり、熱処理により、前記半導体の表面から深さ方向の元素分布は、NiよりもAuが深く浸透した分布であることを特徴とする請求項6に記載のp伝導形3族窒化物半導体の電極パッド。

【請求項9】前記熱処理は、400℃～700℃で行われることを特徴とする請求項6に記載のp伝導形3族窒化物半導体の電極パッド。

【請求項10】請求項1乃至請求項9のいずれかに記載の電極パッドを有し、3族窒化物半導体から成る層で発光ダイオード、レーザダイオード、又は、トランジスタ等の素子を形成したことを特徴とする3族窒化物半導体素子。

【請求項11】p伝導形3族窒化物半導体から成る発光素子において、前記半導体の表面上に積層して形成された少なくとも第1電極層と第2電極層とから成る電極層と、

前記第2電極層上の一部に形成された電極パッドとを有し、

前記第1電極層の構成元素は前記第2電極層の構成元素よりもイオン化ポテン

シャルが低い元素であり、

前記第2電極層の構成元素は前記半導体に対するオーミック性が前記第1電極層の構成元素よりも良好な元素であり、

熱処理により、前記電極パッドが形成されている部分以外において、前記半導体の表面から深さ方向の元素分布を、前記第2電極層の構成元素の方が前記第1電極層の構成元素よりも深く浸透した分布とすることで、前記電極層と前記半導体との接触抵抗が、前記電極パッドが形成されていない部分を前記電極パッドが形成されている部分よりも低いことを特徴とする半導体発光素子。

【請求項12】前記第1電極層の構成元素は、ニッケル(Ni)、鉄(Fe)、銅(Cu)、クロム(Cr)、タンタル(Ta)、バナジウム(V)、マンガン(Mn)、アルミニウム(Al)、銀(Ag)のうち少なくとも一種の元素であり、前記第2電極層の構成元素は、パラジウム(Pd)、金(Au)、イリジウム(Ir)、白金(Pt)のうち少なくとも1種の元素であることを特徴とする請求項11に記載の半導体発光素子。

【請求項13】前記第1電極層の構成元素は、Niであり、前記第2電極層の構成元素はAuであり、熱処理により、前記電極層の前記電極パッドが形成されていない部分における前記半導体の表面から深さ方向の元素分布は、NiよりもAuが深く浸透した分布であることを特徴とする請求項11に記載の半導体発光素子。

【請求項14】p伝導形3族窒化物半導体から成る発光素子の製造方法において、

前記半導体の表面上に、少なくとも、前記第2電極層の構成元素よりもイオン化ポテンシャルが低い元素で構成された第1電極層と、前記半導体に対するオーミック性が前記第1電極層の構成元素よりも良好な元素で構成された第2電極層とから成る電極層を形成し、

前記第2電極層上の一部に電極パッドを形成し、

その後、熱処理して、前記電極パッドが形成されている部分以外において、前記半導体の表面から深さ方向の元素分布を、前記第2電極層の構成元素の方が前記第1電極層の構成元素よりも深く浸透した分布とすることで、前記電極層と前記半導体との接触抵抗が、前記電極パッドが形成されていない部分を前記電極パッドが形成されている部分よりも低くしたことを特徴とする半導体発光素子の製

造方法。

【請求項15】前記第1電極層の構成元素は、ニッケル(Ni)、鉄(Fe)、銅(Cu)、クロム(Cr)、タンタル(Ta)、バナジウム(V)、マンガン(Mn)、アルミニウム(Al)、銀(Ag)のうち少なくとも一種の元素であり、前記第2電極層の構成元素は、パラジウム(Pd)、金(Au)、イリジウム(Ir)、白金(Pt)のうち少なくとも一種の元素であることを特徴とする請求項14に記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項16】前記第1電極層の構成元素は、Niであり、前記第2電極層の構成元素はAuであり、熱処理により、前記電極層の前記電極パッドが形成されていない部分における前記半導体の表面から深さ方向の元素分布は、NiよりもAuが深く浸透した分布であることを特徴とする請求項14に記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項17】前記熱処理は、400℃～700℃で行われることを特徴とする請求項14に記載の半導体発光素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】

本発明は、p伝導形3族窒化物半導体に対する電極パッド、3族窒化物半導体素子及びその製造方法に関する。特に、p伝導形3族窒化物半導体に対する電極の接合強度の改善、発光素子の発光効率の改善、エッチングにより保護膜に窓を形成する時の保護膜のサイドエッチングの防止に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、p伝導形 GaN (p-GaN)の電極として、金(Au)を GaN層表面に蒸着したものが知られている。しかし、この金(Au)を GaN層表面に直接蒸着する場合には、接合性が悪く、GaN層に対して合金化処理すると、金電極が剥離するという問題がある。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

そこで、図5の(a)に示すように、金(Au)と GaN層表面との間にニッケル(Ni)

を介在させて、金(Au)の GaN層に対する密着性を向上させることが行われている。又、これらの電極は、ワイヤボンディングのための電極パッドとなるが、素子表面を保護するために、素子表面が一様に保護膜20で覆われ、電極パッドの部分だけ保護膜がエッチングで除去されて窓20a(図2(b))が形成される。しかし、この場合に、金と保護膜とが接合しているが、金と保護膜との接合力は弱い。このため、金と保護膜との間にエッチング液が浸透して保護膜20が横方向にエッチングされてしまい、マクス21で覆われている部分の保護膜20も除去され、保護膜の機能を果たさなくなるという問題がある。

【0004】

従って、本発明の目的は、p伝導形3族窒化物半導体に対する電極パッドにおいて、3族窒化物半導体との接合強度を強くし、保護膜を電極パッドの側面を完全に覆うように形成できるようにすることで信頼性の高い保護膜を得ることである。

【0005】

【課題を解決するための手段】

本発明は、p伝導形3族窒化物から成る半導体の電極パッドにおいて、半導体の上に直接又は半導体の上に形成された電極層上に、積層して形成された少なくとも第1金属層と第2金属層と第3金属層と、第3金属層の上部から覆いエッチングにより第3金属層の中央部が露出するように窓の形成された保護膜とを有している電極パッドである。そして、第1金属層の構成元素は第2金属層の構成元素よりもイオン化ポテンシャルが低い元素とし、第2金属層の構成元素は金(Au)とし、第3金属層の構成元素は保護膜に対する接合性が金(Au)よりも強い元素としたことを特徴とする。

【0006】

望ましくは、第1金属層の構成元素は、ニッケル(Ni)、鉄(Fe)、銅(Cu)、クロム(Cr)、タンタル(Ta)、バナジウム(V)、マンガン(Mn)、アルミニウム(Al)、銀(Ag)のうち少なくとも一種の元素であり、第3金属層の構成元素は、アルミニウム(Al)、ニッケル(Ni)、チタン(Ti)のうち少なくとも一種の元素である。さらに、保護膜は酸化珪素、窒素化珪素等である。最も望ましくは、第1金属層の構成元

素はニッケル(Ni)、第2金属層の構成元素は金(Au)、第3金属層の構成元素はアルミニウム(Al)である。

【0007】

上記構造の電極パッドはp伝導形3族窒化物半導体の上に直接形成されることもできるが、p伝導形3族窒化物半導体の層に垂直に一様に電流を流したい場合がある。特に、発光ダイオードの場合には、一様に電流を流すことで発光面積が拡大するので必要となる。その場合には、p伝導形3族窒化物半導体の最上層の上に、電極パッドよりも十分に広い面積に渡って電極層が形成される。本発明の電極パッドはその電極層の上に形成されるものでも良い。

【0008】

その電極層は、p伝導形3族窒化物半導体に対するオーミック性の向上、接触抵抗の低下、接合強度の増加のために、以下の構成を採用するのが望ましい。

電極層は、半導体の表面上に積層して形成された少なくとも第1電極層と第2電極層とを有し、第1電極層の構成元素は第2電極層の構成元素よりもイオン化ポテンシャルが低い元素であり、第2電極層の構成元素は半導体に対するオーミック性が第1電極層の構成元素よりも良好な元素とするのが望ましい。p伝導形3族窒化物半導体と合金を形成するために、この電極層に対しても熱処理が施されるが、その熱処理により、半導体の表面から深さ方向の元素分布は、第2電極層の構成元素の方が第1電極層の構成元素よりも深く浸透した分布となる。即ち、電極層の元素分布が電極層の形成時の分布に対して反転していることを特徴としている。電極層の形成後には、上側に形成した第2電極層の構成元素の方が下側になり、下側に形成した第1電極層の構成元素の方が上側に存在する。このことは、本発明の他の特徴である。

【0009】

又、上記のように、電極層を第1電極層と第2電極層とで構成し、第2電極層の一部に電極パッドを設けた構造の場合には、電極層の上に電極パッドが存在すると熱処理をしても、電極パッド下の電極層では上記した構成元素の反転現象が起こらない。そのため、電極パッド下の電極層ではオーミック性が悪く、電極パッドに電流を流した時にオーミック性が良好な部分にのみ電流が流れるようにな

る。よって、この電極構造を発光素子に用いれば、光の透明性がなく、光を外部に取り出せない電極パッド下には電流が流れず、外部に光を取り出せる部分にのみ電流を流すことができる。よって、同一値の電流を流した場合の発光効率を向上させることができる。発光効率を向上させる観点からは、保護膜は必ずしも必要ではなく、電極パッドの層構造も上記の3種の元素の3層構造とする必要はなく、2層、単層であっても良い。

【0010】

上記の電極構造において、望ましくは、第1電極層の構成元素は、ニッケル(Ni)、鉄(Fe)、銅(Cu)、クロム(Cr)、タンタル(Ta)、バナジウム(V)、マンガン(Mn)、アルミニウム(Al)、銀(Ag)のうち少なくとも一種の元素であり、第2電極層の構成元素は、パラジウム(Pd)、金(Au)、イリジウム(Ir)、白金(Pt)のうち少なくとも一種の元素である。最も望ましくは、第1電極層の構成元素はNiであり、第2電極層の構成元素はAuである。この場合には、熱処理により、半導体の表面から深さ方向の元素分布は、NiよりもAuが深く浸透した分布となる。又、この熱処理の望ましい温度は400℃～700℃である。

【0011】

さらに、本発明の他の特徴は、上記の構造の電極パッドを有した3族窒化物半導体から成る層で発光ダイオード、レーザダイオード、又は、トランジスタ等の素子である。

【0012】

【作用及び発明の効果】

第1金属層の構成元素は第2金属層の構成元素の金よりもイオン化ポテンシャルが低い元素であるため、p伝導形3族窒化物半導体に対する接合度が高い。第3金属層の上に、第1金属層、第2金属層、第3金属層の側端面を覆って、保護膜が形成されるが、この保護膜は第3金属層と上面で強固に接合する。従って、第3金属層のワイヤボンディングが行われる部分を露出するために保護膜の一部がエッチングされるが、その時、保護膜の横方向のエッチングが防止される。よって、保護膜は第3金属層の上面の周辺部と、第1金属層、第2金属層、第3金属層の側端面とを完全に覆うように形成されるために、保護膜としての機能が十

分に発揮された電極パッドが形成される。

【0013】

又、電極パッドをp形窒化物半導体上に形成された上記構成の電極層上に形成した場合にも次の効果が生じる。

第1電極層の構成元素が第2電極層の構成元素よりもイオン化ポテンシャルが低い元素であるため、p伝導形3族窒化物半導体に対する接合度が高い。さらに、p伝導形3族窒化物半導体に対してオーミック性の良い金属は仕事関数が大きい元素である。この仕事関数が大きい元素はイオン化ポテンシャルが高い。このような元素で構成される第2電極層が第1電極層の上に形成される。次に、熱処理をすると、上に電極パッドが存在しない所の電極層では、下層にある第1電極層の元素が表面に出てくる。即ち、第2電極層の構成元素がp伝導形3族窒化物半導体により深く浸透し、下層の第1電極層の構成元素の方が第2電極層の構成元素よりもより多く表面近くに分布する。このような構成元素の反転分布により、金属電極の接合性とオーミック性とを著しく向上させることができる。又、熱処理により、電極パッドにおいて、第1金属層と第2電極層とが強固に接合される。

【0014】

ところが、上に電極パッドが存在しない部分の電極層では熱処理をしても、構成元素の反転分布は発生しない。そのために、オーミック性が悪く電流は電極パッドから電極パッドの側面を通して、半導体上に形成された電極層上に流れるようになる。このような電極構造により、発光素子の発光効率を向上させることができた。

【0015】

例えば、第1電極層にニッケル(Ni)、第2電極層に金(Au)を用いた場合には、p伝導形3族窒化物半導体の表面から深さ方向における元素分布が、上に電極パッドが存在しない部分では、ニッケル(Ni)よりも金(Au)が深く浸透した分布であるためオーミック性が良好になり、ニッケル(Ni)による3族窒化物半導体に対する接合強度により、電極層が強固に形成される。一方、上に電極パッドが存在する部分では、深さ方向における元素分布に変化は生じず、オーミック性は悪いが

、Niによる接合強度により電極層が強固に形成される。

【0016】

このような電極を有する3族窒化物半導体素子は、印加電圧の低下、信頼性の向上、接触抵抗の低下等、素子特性が優れたものとなる。発光ダイオード、レーザダイオードでは、発光効率が向上する。

【0017】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を具体的な実施例に基づいて説明する。なお本発明は下記実施例に限定されるものではない。

図1は本願実施例の発光素子100全体図を示す。発光素子100は、サファイア基板1を有しており、そのサファイア基板1上に $0.05\mu\text{m}$ のAlNバッファ層2が形成されている。

【0018】

そのバッファ層2の上には、順に、膜厚約 $4.0\mu\text{m}$ 、電子濃度 $2 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ のシリコン(Si)ドープGaNから成る高キャリア濃度 n^+ 層3、膜厚約 $0.5\mu\text{m}$ の電子濃度 $5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ のシリコン(Si)ドープのGaNから成る n 層4、膜厚約 100nm 、亜鉛(Zn)とシリコン(Si)がそれぞれ、 $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ にドープされた $\text{In}_{0.20}\text{Ga}_{0.80}\text{N}$ から成る発光層5、膜厚約 100nm 、ホール濃度 $2 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 、マグネシウム(Mg)濃度 $5 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ ドープの $\text{Al}_{0.09}\text{Ga}_{0.92}\text{N}$ から成る p 伝導型のクラッド層6、膜厚約 200nm 、ホール濃度 $3 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ のマグネシウム(Mg)濃度 $5 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ ドープのGaNから成る第1コンタクト層71、膜厚約 50nm 、ホール濃度 $6 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ のマグネシウム(Mg)濃度 $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ ドープのGaNから成る p^+ の第2コンタクト層72が形成されている。

【0019】

そして、第2コンタクト層72の上面全体にNiから成る厚さ 25\AA の第1電極層81が形成され、その第1電極層81の上にAuから成る厚さ 60\AA の第2電極層82が形成されている。この第1電極層81と第2電極層82とで p 型GaNに対する電極層8が構成される。この電極層8は透明である。又、第2電極層82の上面の隅の部分にNiから成る厚さ 1000\AA の第1金属層91、Auから成る厚さ $1.5\mu\text{m}$

mの第2金属層92、Alから成る厚さ300 Åの第3金属層93が形成されている。この3重層により、電極パッド9が形成されている。一方、 n^+ 層3上にはAlから成る電極パッド10が形成されている。そして、電極パッド9と電極パッド10のワイヤボンディングされる領域に窓9Aと窓10Aが形成された SiO_2 から成る保護膜11が基板1の最上層上に形成されている。

【0020】

次に、この構造の半導体素子の製造方法について説明する。

上記発光素子100は、有機金属気相成長法（以下MOVPE）による気相成長により製造された。

用いられたガスは、アンモニア(NH_3)、キャリアガス(H_2)、トリメチルガリウム($\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$)（以下「TMG」と記す）、トリメチルアルミニウム($\text{Al}(\text{CH}_3)_3$)（以下「TMA」と記す）、トリメチルインジウム($\text{In}(\text{CH}_3)_3$)（以下「TMI」と記す）、シラン(SiH_4)、ジエチル亜鉛($\text{Zn}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$)（以下、「DEZ」と記す）とシクロペンタジエニルマグネシウム($\text{Mg}(\text{C}_5\text{H}_5)_2$)（以下「 CP_2Mg 」と記す）である。

【0021】

まず、有機洗浄及び熱処理により洗浄したa面を主面とし、単結晶のサファイア基板1をMOVPE装置の反応室に載置されたサセプタに装着する。次に、常圧で H_2 を流速2 liter/分で約30分間反応室に流しながら温度1100℃でサファイア基板1をベーキングした。

【0022】

次に、温度を400℃まで低下させて、 H_2 を20 liter/分、 NH_3 を10 liter/分、TMAを 1.8×10^{-5} モル/分で約90秒間供給してAlNのバッファ層2を約0.05 μm の厚さに形成した。次に、サファイア基板1の温度を1150℃に保持し、 H_2 を20 liter/分、 NH_3 を10 liter/分、TMGを 1.7×10^{-4} モル/分、 H_2 ガスにより0.86ppmに希釈されたシランを 20×10^{-8} モル/分で40分導入し、膜厚約4.0 μm 、電子濃度 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 、シリコン濃度 $4 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ のシリコン(Si)ドーパGaNから成る高キャリア濃度 n^+ 層3を形成した。

【0023】

上記の高キャリア濃度 n^+ 層3を形成した後、続いて温度を1100℃に保持し

、 H_2 を20 liter/分、 NH_3 を10 liter/分、TMGを 1.12×10^{-4} モル/分、 H_2 ガスにより0.86ppmに希釈されたシランを 10×10^{-9} モル/分で30分導入し、膜厚約5.0 μm 、電子濃度 $5 \times 10^{17}/cm^3$ 、シリコン濃度 $1 \times 10^{18}/cm^3$ のシリコン(Si)ドーパドGaNから成るn層4を形成した。

【0024】

続いて、温度を800℃に保持し、 N_2 又は H_2 を20 liter/分、 NH_3 を10 liter/分、TMGを 0.2×10^{-4} モル/分、TMIを 1.6×10^{-4} モル/分、 H_2 ガスにより0.86ppmに希釈されたシランを 10×10^{-8} mol/分で、DEZを 2×10^{-4} モル/分で、30分間供給して厚さ100nmのシリコンと亜鉛が、それぞれ、 $5 \times 10^{18}/cm^3$ にドーパされた $In_{0.20}Ga_{0.80}N$ から成る発光層5を形成した。

【0025】

続いて、温度を1100℃に上げて、 N_2 又は H_2 を20 liter/分、 NH_3 を10 liter/分、TMGを 1.12×10^{-4} モル/分、TMAを 0.47×10^{-4} モル/分、及び、 CP_2Mg を 2×10^{-5} モル/分で6分間導入し、膜厚約100 nmのマグネシウム(Mg)ドーパのAl $0.08Ga_{0.92}N$ から成るクラッド層6を形成した。クラッド層6のマグネシウム濃度は $5 \times 10^{19}/cm^3$ である。この状態では、クラッド層6は、まだ、抵抗率 $10^8 \Omega cm$ 以上の絶縁体である。

【0026】

次に、温度を1100℃に保持し、 N_2 又は H_2 を20 liter/分、 NH_3 を10 liter/分、TMGを 1.12×10^{-4} モル/分、及び、 CP_2Mg を 2×10^{-5} モル/分で1分間導入し、膜厚約200 nmのマグネシウム(Mg)ドーパのGaNから成る第1コンタクト層71を形成した。第1コンタクト層71のマグネシウム濃度は $5 \times 10^{19}/cm^3$ である。この状態では、第1コンタクト層71は、まだ、抵抗率 $10^8 \Omega cm$ 以上の絶縁体である。

【0027】

次に、温度を1100℃に保持し、 N_2 又は H_2 を20 liter/分、 NH_3 を10 liter/分、TMGを 1.12×10^{-4} モル/分、及び、 CP_2Mg を 4×10^{-5} モル/分で3分間導入し、膜厚約50 nmのマグネシウム(Mg)ドーパのGaNから成る p^+ の第2コンタクト層72を形成した。第2コンタクト層72のマグネシウム濃度は $1 \times 10^{20}/cm^3$ で

ある。この状態では、第2コンタクト層72は、まだ、抵抗率 $10^8 \Omega \text{cm}$ 以上の絶縁体である。

【0028】

次に、電子線照射装置を用いて、第2コンタクト層72、第1コンタクト層71、及びクラッド層6に様に電子線を照射した。電子線の照射条件は、加速電圧約10KV、資料電流 $1 \mu \text{A}$ 、ビームの移動速度 0.2mm/sec 、ビーム径 $60 \mu \text{m} \phi$ 、真空度 $5.0 \times 10^{-5} \text{Torr}$ である。この電子線の照射により、第2コンタクト層72、第1コンタクト層71、クラッド層6は、それぞれ、ホール濃度 $6 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 、 $3 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 、 $2 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 、抵抗率 $2 \Omega \text{cm}$ 、 $1 \Omega \text{cm}$ 、 $0.7 \Omega \text{cm}$ のp伝導型半導体となった。このようにして多層構造のウエハが得られた。

【0029】

次に、第2コンタクト層72の上にTiを2000Åの厚さに形成し、そのTi層の上にNiを9000Åの厚さに形成した。そして、そのNi層の上にフォトレジストを一様に塗布して、フォトリソグラフィにより電極パッド10を形成する部分のフォトレジストを除去した。その後、残ったフォトレジストをマスクとして、フォトレジストで覆われていないTi層とNi層とを酸性エッチング液にてエッチングした。その後、残ったTi層とNi層とをマスクとして、Ti層とNi層とにより覆われていない部分の第2コンタクト層72、第1コンタクト層71、クラッド層6、発光層5、n層4の一部を塩素を含むガスによる反応性イオンエッチングによりエッチングして、 n^+ 層3の表面を露出させた。その後、Ti層とNi層とを酸性エッチング液にて除去した。次に、以下の手順で電極層8を形成した。

【0030】

(1) 表面上にフォトレジスト12を一様に塗布して、フォトリソグラフィにより、第2コンタクト層72の上の電極形成部分のフォトレジスト12を除去して、窓部12Aを形成する。

(2) 蒸着装置にて、露出させた第2コンタクト層72の上に、 10^{-7}Torr 程度の高真空にてニッケル(Ni)を25Å成膜させて、図2(a)に示すように、第1金属層81を形成する。

(3) 続いて、第1金属層81の上に金(Au)を60Å成膜させて、図2(a)に示す

ように、第2金属層82を形成する。

(4) 次に、試料を蒸着装置から取り出し、リフトオフ法により、フォトレジスト12上に堆積したNiとAuとを除去して、第2コンタクト層72に対するNi/Auの透明な電極層8を整形する。

(5) 次に、フォトレジストを一様に塗布して、電極パッド9の形成部分のフォトレジストに窓を開ける。そして、 10^{-7} Torr程度の高真空にて、Ni、Au、Alを、順次、厚さ、1000Å、1.5 μm、300 Åに蒸着した。その後、レジストをリフトオフすることで、必要な箇所に第1金属層91、第2金属層92、第3金属層93を形成した。このようにして、3層構造の電極パッド9を形成した。一方、n⁺層3に対しては、Alを蒸着して電極パッド10を形成した。

(6) 次に、上記の基板1を加熱炉に配設し、加熱炉の雰囲気圧を1 mTorr以下にまで排気し、その後大気圧までN₂で封入した。そして、その状態で雰囲気温度を400℃～700℃の範囲の温度に設定して、数秒～10分程度、基板1を加熱した。但し、雰囲気ガスはH₂、He、N₂、O₂、Ne、Ar、Kr又はこれらの混合ガスが利用でき、圧力は1 mTorrから大気圧を越える圧力まで実施可能である。

【0031】

上記の加熱処理をした結果、ニッケル(Ni)の第1電極層81の上の第2電極層82の金(Au)が、第1電極層81を通して第2コンタクト層72の中に拡散され、第2コンタクト層72のp-GaNと合金状態を形成する。図2(a)は熱処理前の電極層8の状態、図2(b)は熱処理後の電極層8の状態を模式的に示している。即ち、熱処理前後において、AuとNiの深さ方向の分布が反転する。但し、厚い電極パッド9の下の方の電極層8では構成元素の反転分布は生じない。従って、電極層8の構成元素の分布は図4に示すように、電極パッド9が存在しない電極層8の構成元素の分布のみが反転する。

【0032】

熱処理が実施された後の第2コンタクト層72の表面付近の元素分布をオーグメント電子分光分析(AES)で調べた。その結果を図3に示す。第2コンタクト層72の表面付近(表面から約3 nmまで)はニッケルの濃度が金濃度よりも高い。表面から約3 nm以上に深いところの第2コンタクト層72では金がニッケルよりも高

濃度に分布しているのが分かる。よって、金はニッケルの第1電極層81を通過して、第2コンタクト層72の深層部にまで達して、そこで、合金が形成されているのが分かる。

【0033】

上記のような反転分布が生じる理由として、第1電極層81の金属を第2電極層82の金属に比べてイオン化ポテンシャルが低い元素とすることで、熱処理中に、第1電極層81の元素が表面近くに移動し、その反作用として第2電極層82の元素が3族窒化物半導体と合金化され半導体内に浸透すると考えられる。この結果、オーミック性の良い第2電極層82の元素と3族窒化物半導体とが合金化される結果、この電極のオーミック性は良好となる。又、第1電極層81の元素はイオン化ポテンシャルが低いために反応性が高く3族窒化物半導体と強固に接合する結果、この電極の接着強度が向上する。

【0034】

上記の考察から、p伝導形3族窒化物半導体に対してオーミック性が良好な金属元素は仕事関数が大きな元素であるので、第2電極層82の構成元素として、例えば、パラジウム(Pd)、金(Au)、イリジウム(Ir)、白金(Pt)の少なくとも1種の元素が用いられる。又、イオン化ポテンシャルが低い第1電極層81の構成元素は、ニッケル(Ni)、鉄(Fe)、銅(Cu)、クロム(Cr)、タンタル(Ta)、バナジウム(V)、マンガン(Mn)、アルミニウム(Al)、銀(Ag)のうち少なくとも一種の元素を用いることができる。又、第1金属層81に水素吸蔵機能のある金属を用いることで、下層の3族窒化物半導体から水素を吸収し、その結晶性を良好にすることもできる。

【0035】

次に、上記のように形成された基板1の最上層の上に一様に、エレクトロンビーム蒸着によりよりSiO₂膜を形成し、フォトレジストの塗布、フォトリソグラフィ工程、エッチング工程を経て、電極パッド9、電極パッド10のワイヤボンディング領域に当たる部分のSiO₂膜に窓9A、窓10Aをウエットエッチングにより形成した。

【0036】

この時、第3金属層93のAlと保護膜11のSiO₂とは接合度が高いので、第3金属層93と保護膜11との間にエッチング液が浸透することが防止される。よって、保護膜11のマスクされた部分はエッチングされないため、窓9Aの側壁は垂直となる。この結果、保護膜11は第1金属層91、第2金属層92、第3金属層93の側面を完全に覆うことになり、保護膜として十分に機能する。

【0037】

第3金属層93は、保護膜11に対する接合度が第2金属層92の構成元素の金よりも強いものであれば良い。例えば、Alの他、Ni、Tiを用いることができる。保護膜11は窒化珪素を用いることもできる。熱処理の時に、上述したように、この第1金属層91のNiと第2金属層92のAuとの分布においても完全にではないが反転が生じ、第2金属層92の表面にNiが一部現れる。しかし、第3金属層93にAlを用いた場合には、Niは第3金属層93の上には現れなかった。ところが、第3金属層93にNi、Tiを用いた場合には、第1金属層91のNiが第3金属層93の表面に現れ、第3金属層93に模様が見られた。この点からすれば、第3金属層93にはAlを用いるのが良い。

【0038】

上記のごとく処理されたウエハは、各素子毎に切断され、図1に示す構造の発光素子100を得た。図4に示す電極層8の構造において、電極パッド9の下では電極層8はNiと第2コンタクト層72とが直接接合しているため、オーミック性が悪く、オーミック性の良いAuと第2コンタクト層72とが直接接合している部分の電極層8を介して、電流は電極パッド9から第2コンタクト層72へと電流が流れる。不透明の電極パッド9の直下の発光層5には電流が流れないために、外部に光が出力されない発光に対する電流を減少させることができ、有効な発光に寄与する電流を増加させることができる。従って、発光効率を向上させることができる。

このような構造の発光素子は駆動電流20mAで発光ピーク波長430nm、発光強度2000mCdであった。従来構造の発光素子に比べて発光強度は2倍になった。

尚、発光効率を向上させることを目的とする発光素子では、電極パッド9は、Ni、Au又はAuの単層でも、2層でも良いし、保護膜11がなくとも良い。

【0039】

上記の第1電極層81の厚さは5 Å~200 Åが望ましい。5 Åより薄いと密着性が不良となり望ましくなく、200 Åより厚いと透明性が悪化し望ましくない。又、第2電極層82の厚さは、5 Å~200 Åが望ましい。5 Åより薄いとコンタクト抵抗が高くなって望ましくなく、200 Åより厚いと透明性が悪化し望ましくない。

更に、上記の第1金属層91の厚さは20 Å~5 μmが望ましい。20 Åより薄いと密着性が不良となり望ましくなく、5 μmよりも厚いと形成に時間を要し形成が困難となり望ましくない。又、第2金属層92の厚さは、100 Å~5 μmが望ましい。100 Åよりも薄いとワイヤーボンディング性能が低下し望ましくなく、5 μmより厚いと形成困難となり且つ製造コストが高くなるので望ましくない。又、第3金属層93の厚さは、10 Å~5 μmが望ましい。10 Åより薄いと保護膜の横方向のエッチングが防止できなく望ましくなく、5 μmより厚いと形成困難となり望ましくない。又、第3金属層93がNi又はTiの場合には、10 Å~500 Åがより望ましい。500 Åより厚いとワイヤーボンディングの信頼性が低下するので望ましくない。

【0040】

上記実施例では、電極パッド9を電極層8の上に形成したが、p型3族窒化物半導体上に直接、電極パッド9を形成しても良い。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の具体的な実施例にかかる発光素子の構造を示した断面図。

【図2】

p形第2コンタクト層上における電極層の熱処理前と熱処理後の構造を模式的に示した断面図。

【図3】

熱処理後のp形第2コンタクト層の表面層のオージェ電子分光分析の結果を示した測定図。

【図4】

電極パッドが存在する場合の熱処理による電極層の構成元素の反転分布を模式的に示した断面図。

【図5】

従来の電極パッドの構造を示した断面図。

【符号の説明】

100…半導体発光素子

8…電極層

9…電極パッド

10…電極パッド

11…保護膜

81…第1電極層

82…第2電極層

91…第1金属層

92…第2金属層

93…第3金属層

9A…窓

10A…窓

4…n層

5…活性層

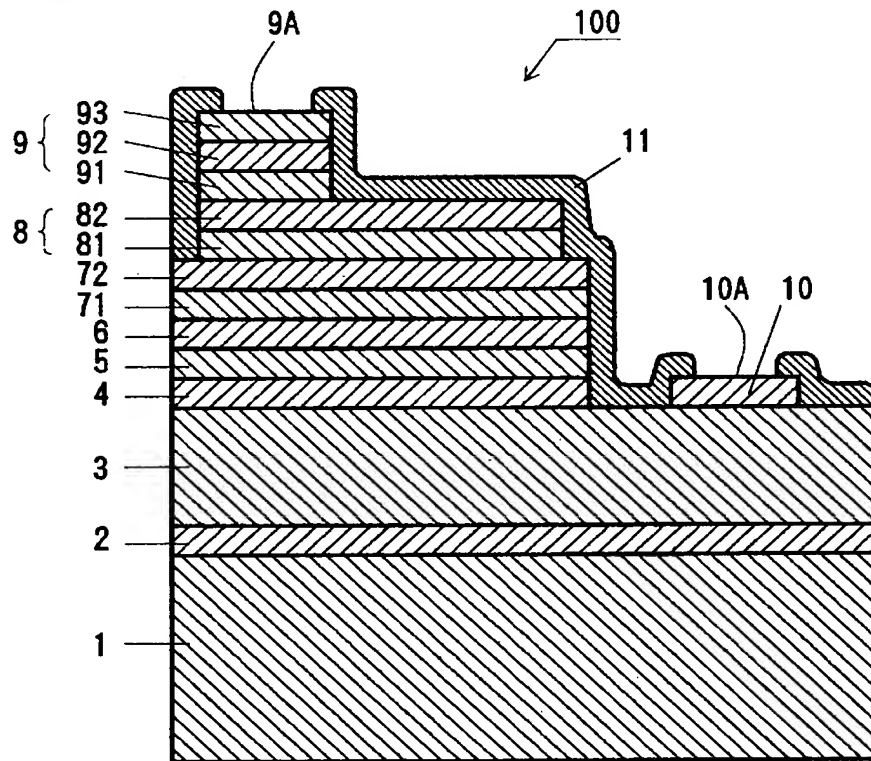
6…クラッド層

71…第1コンタクト層

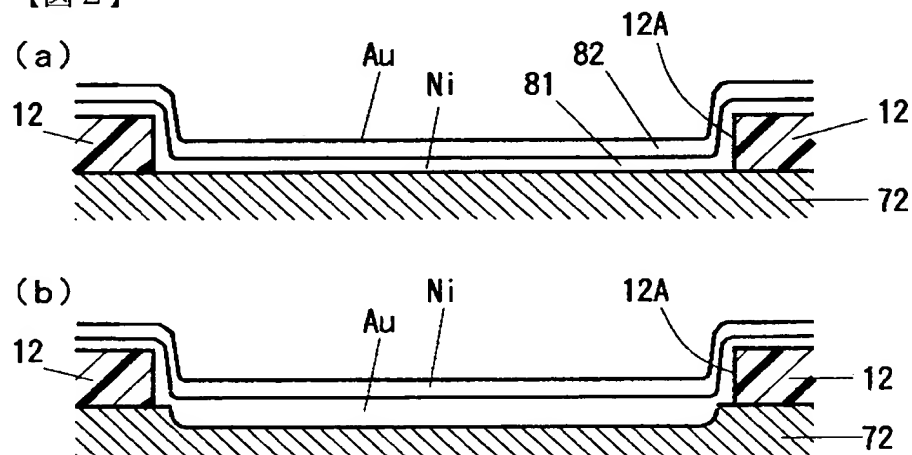
72…第2コンタクト層

【書類名】 図面

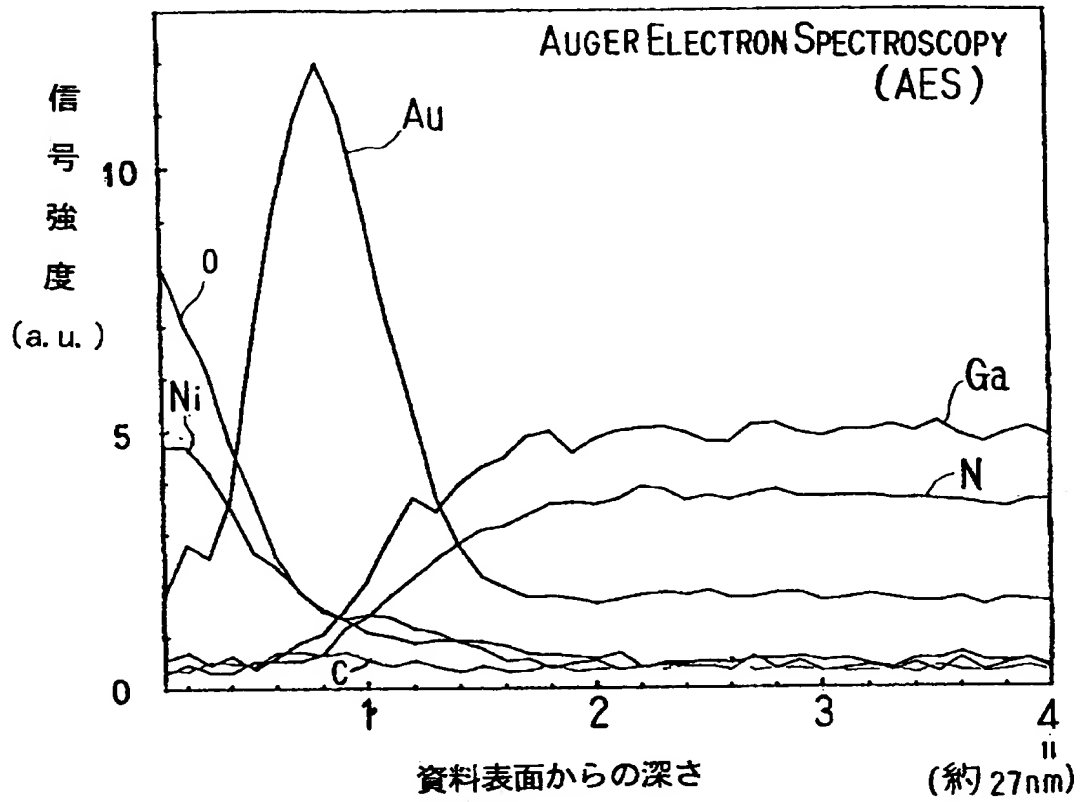
【図 1】



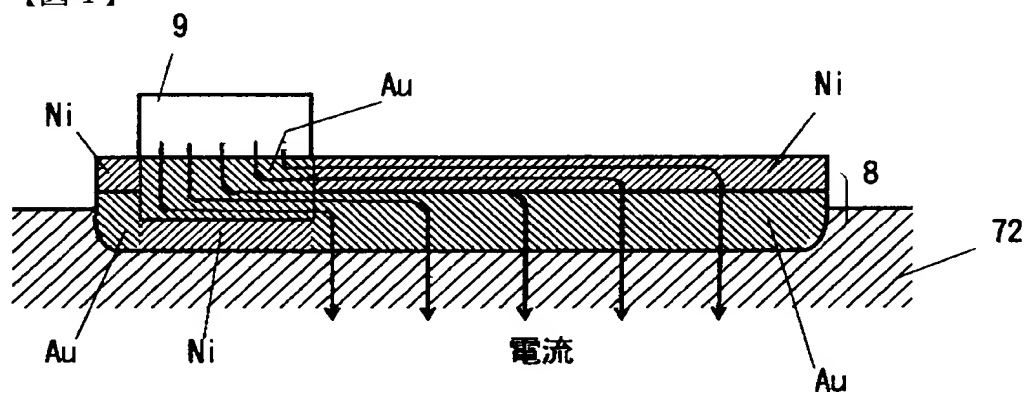
【図 2】



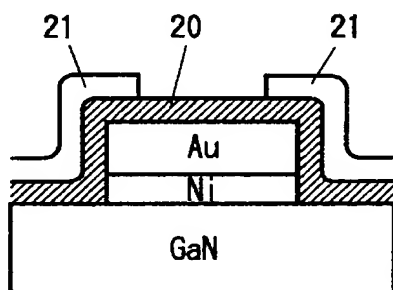
【図3】



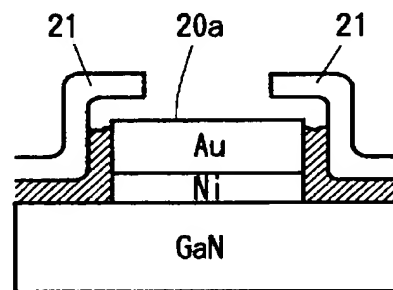
【図4】



【図5】
(a)



(b)



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】電極パッドにおいて、オーミック性の改善、接触抵抗の低下、3族窒化物半導体に対する接合強度の向上、保護膜による保護性能を向上させる。

【解決手段】p伝導形3族窒化物から成る半導体72の電極パッド9において、半導体の上に形成された電極層8上に第1金属層91と第2金属層92と第3金属層93とが積層されている。第3金属層93の上部から覆いエッチングにより第3金属層93の中央部が露出するように窓9Aの形成された保護膜11を形成する。そして、第1金属層91の構成元素は第2金属層92の構成元素よりもイオン化ポテンシャルの低い元素とし、第2金属層92の構成元素は金(Au)とし、第3金属層93の構成元素は保護膜に対する接合性が金(Au)よりも強い元素とした。この構成により、保護膜11と第3金属層93との密着性が向上し、エッチング時に保護膜11が横方向にエッチングされることが防止される。

【選択図】 図1

【書類名】 職権訂正データ
【訂正書類】 特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】
【識別番号】 000241463
【住所又は居所】 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地
【氏名又は名称】 豊田合成株式会社
【代理人】 申請人
【識別番号】 100087723
【住所又は居所】 愛知県名古屋市中川区一柳通1丁目23番地 土屋
ビル3F 藤谷特許事務所
【氏名又は名称】 藤谷 修

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000241463]

1. 変更年月日	1990年 8月 9日
[変更理由]	新規登録
住 所	愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地
氏 名	豊田合成株式会社